

2001P8768

B3

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3800932 A1

51 Int. Cl. 4:  
F02P 3/045

21 Aktenzeichen: P 38 00 932.3  
22 Anmeldetag: 15. 1. 88  
43 Offenlegungstag: 27. 7. 89

DE 3800932 A1

71 Anmelder:

Telefunken electronic GmbH, 7100 Heilbronn, DE;  
Volkswagen AG, 3180 Wolfsburg, DE

72 Erfinder:

Dömland, Christoph, 3180 Wolfsburg, DE; Friedrich,  
Ulrich, 7101 Ellhofen, DE; Leicht, Günter, 8602  
Stegaurach, DE; Niemetz, Lienhard, 8540  
Rednitzhembach, DE; Rodenheber, Rainer, 7100  
Heilbronn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

|    |              |
|----|--------------|
| DE | 34 02 537 A1 |
| DE | 30 15 939 A1 |
| DE | 30 08 066 A1 |
| DE | 27 12 682 A1 |
| US | 44 59 968    |

54 Schließzeitregelung für Brennkraftmaschinen mit ausgelagerter Zündendstufe

Zur Steuerung einer Brennkraftmaschine wird ein Mikrocomputer eingesetzt, wobei dieser in der Fahrgastzelle eines Kraftfahrzeuges untergebracht sein kann. Wenn die Leistungstreiber für die Zündspule bzw. die Einspritzventile zusammen mit dem Mikrocomputer in einem Gehäuse untergebracht werden, können sich sowohl thermische Probleme als auch Probleme der Störsicherheit ergeben. Deshalb wird die Zündendstufe zur Zündspule hin ausgelagert, wobei aber die ausgelagerte Endstufe mit möglichst wenig Leitungen mit der Mikrocomputer-Steuerzentrale verbunden werden soll. Die Erfindung betrifft eine Schließzeitregelung mit ausgelagerter Zündendstufe, wobei diese Zündendstufe mit dem Mikrocomputer durch eine Steuerleitung verbunden ist. Erfindungsgemäß stellt diese Steuerleitung die einzige Verbindung zwischen der, ausgelagerten Zündendstufe und dem Mikrocomputer dar und wird durch geeignete Verfahren bidirektional, im Sinne eines Regelkreises, genutzt. Hierdurch wird sowohl die Störsicherheit als auch die Wirtschaftlichkeit des Systems erhöht.

DE 3800932 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schließzeitregelung für Brennkraftmaschinen mit einer den Zündspulenstrom schaltenden Zündendstufe und einem Mikrocomputer mit seiner Ansteuerstufe, wobei auf der die Zündendstufe und die Ansteuerstufe verbindenden Steuerleitung, die den Stromfluß in der Primärwicklung der Zündspule bestimmenden Pegel anliegen.

Moderne Motorsteuerungskonzepte bedienen sich heute der vielfältigen Möglichkeiten von Mikrocomputern, wodurch beispielsweise Zündwinkel und Einspritzzeiten als Funktion verschiedener Parameter gesteuert bzw. geregelt werden können. Ziel ist es unter anderem eine Optimierung des Motorbetriebszustandes zu erreichen.

Da Mikrocomputer den extremen Umweltbedingungen in einem PKW-Motorraum, wie beispielsweise Hitze, Feuchtigkeit und Temperaturwechsel, nicht gewachsen sind, ging man schon früh den Weg, die komplexen und empfindlichen Elektronik-Baugruppen innerhalb der Fahrgastzelle unterzubringen. Die erforderlichen Leistungstreiber für die Zündspule bzw. die Einspritzventile wurden in demselben Gehäuse mit untergebracht. Um die Verlustleistung zu verringern, bediente man sich sogenannter getakteter Endstufen, wodurch sich aber unter anderem Probleme der Störsicherheit ergaben, da Mikrocomputer und getaktete Endstufe nicht immer zufriedenstellend zusammenarbeiten.

Aufgrund dieser Probleme zielen nun neuere Konzepte auf eine Dezentralisierung der Leistungstreiber zum jeweiligen Stellglied hin ab. Dabei sollen diese ausgelagerten Endstufen eine gewisse "Intelligenz" besitzen und mit möglichst wenig Leitungen, unter anderem auch wegen der Störsicherheit, mit der Mikrocomputer-Steuerzentrale verbunden werden, um wirtschaftlich zu sein.

Ein bekanntes Konzept besteht aus einem Zündtransformator, an dem eine Leistungsendstufeneinheit direkt angebracht wird. Diese Endstufeneinheit wird mit nur 3 Anschlüssen verbunden, nämlich mit der Kfz-Batterie, der Fahrzeugmasse und der Ansteuerzentrale.

Aufgrund der aktuellen Meßdaten für Batteriespannung, Drehzahl und Saugrohrunterdruck bestimmt der Mikrocomputer den Zündzeitpunkt  $t_z$  und den Zeitpunkt für den Ladestrombeginn  $t_s$  der Zündspule. Diese Zeiten sind z. B. in entsprechenden Kennfeldern abgespeichert. Als Bezugsmarke dient dem Mikrocomputer beispielsweise eine Spannungsflanke, die immer dann auftritt, wenn der mechanische Stand der Kurbelwelle einen definierten Punkt erreicht hat. Gewisse Schaltungsmittel sorgen dafür, daß der Primärzündspulenstrom  $I_{PR}$  auf den Wert  $I_{PR, max}$  begrenzt wird, wodurch auf der Primärseite der Zündspule eine Energie  $E_p$  mit dem konstanten Wert

$$E_p = I_{PR, max}^2 \cdot L_p / 2$$

gespeichert wird ( $L_p$  = Induktivität der Primärspule). Steht der  $I_{PR, max}$ -Wert zu lange an der Zündspule an, so entsteht in der Endstufe eine hohe Verlustleistung. Der Zeitpunkt des Ladestrombeginns muß also so gelegt werden, daß zum Zündzeitpunkt  $t_z$  die gewünschte Zündenergie  $E_p$  auf der Primärseite der Zündspule zur Verfügung steht. Die Ladezeit ( $t_z - t_s$ ) sollte daher weder zu lang sein, um nicht unnötige Verluste in der Endstufe entstehen zu lassen, noch sollte sie zu kurz sein, da ansonsten die notwendige Zündenergie  $E_p$  nicht erreicht werden kann. In der Regel wird die Ladezeit ( $t_z - t_s$ ) mit einer gewissen Zeitreserve beaufschlagt, um auch Streuungen der Parameter der beteiligten Bauelemente, auch aufgrund von Temperaturabhängigkeiten abzufangen, d. h. es wird der Zündspule eine längere Ladezeit als notwendig zugesprochen.

Auch bei dynamischen Änderungen, wie Abbremsen, Beschleunigen, unrunder Leerlauf, kann eine Steuerung der Endstufe ungünstiges Verhalten aufweisen, indem entweder der maximale Zündspulenstrom  $I_{PR, max}$  nicht erreicht wird, bzw. der maximale Zündspulenstrom  $I_{PR, max}$  zu lange ansteht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Schließzeitregelung anzugeben, die eine Steuerung der ausgelagerten Zündendstufe über einen geschlossenen Regelkreis ermöglicht, wobei zwischen der Ansteuerereinheit des Mikrocomputers und der Zündendstufe möglichst wenig Verbindungsleitungen vorhanden sein sollen.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art nach der Erfindung dadurch gelöst, daß diese Steuerleitung als einzige Verbindung zwischen der Zündendstufe und der Ansteuerstufe bidirektional, im Sinne eines Regelkreises, genutzt wird.

Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Schließzeitregelung besteht in der Verwendung der die Endstufe und den Mikrocomputer verbindenden Steuerleitung auch als Rückleitung. Auf diese Weise ergibt sich ein geschlossener Regelkreis, wodurch der Einsatzzeitpunkt der Schließzeit optimal mit Hilfe des Mikrocomputers geregelt wird. Hierdurch ergeben sich eine Reihe von weiteren Vorteilen, nämlich eine geringere Wärmebelastung der ausgelagerten Zündendstufe sowie eine geringere Störanfälligkeit durch die bidirektionale Verwendung der Steuerleitung, wobei das zu einem geringeren Materialeinsatz führt, wodurch auch die Wirtschaftlichkeit des Systems sichergestellt ist.

Bei der erfindungsgemäßen Schließzeitregelung wird vorzugsweise das von der Zündendstufe erzeugte Signal auf der Steuerleitung zum Mikrocomputer über seine Ansteuerstufe geführt. Im Mikrocomputer wird mit Hilfe dieses Signals und des bekannten Zündzeitpunktes ein Korrekturwert für den Einsatzzeitpunkt des Ladezeitbeginns berechnet.

Dieses Signal wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung so erzeugt, daß bei einer Überschreitung eines definierten Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom eine definierte Absenkung des auf der Steuerleitung stehenden, die Schließzeit bestimmenden Pegels erfolgt. Bei einer anderen vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführung führt das Überschreiten des definierten Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom zu einer definierten Erhöhung des die Schließzeit bestimmenden Pegels. In beiden Fällen wird jeweils die

durch die Absenkung bzw. Erhöhung definierte Flanke als Auswertesignal dem Mikrocomputer über seine Ansteuerstufe zugeführt.

Bei einer besonders vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführung werden ein erster und ein zweiter Schwellenwert definiert, wobei der zweite Schwellenwert höher ist als der erste. Wenn der Zündspulenstrom zunächst die erste Schwelle übersteigt, wird der auf der Steuerleitung stehende, die Schließzeit bestimmende Pegel um einen definierten Betrag abgesenkt, um dann nach dem Überschreiten des zweiten Schwellenwertes durch den wert ansteigenden Zündspulenstrom sein ursprüngliches Niveau wieder anzunehmen. Die durch diese Absenkung und nachfolgende Erhöhung des Pegels definierten Flanken werden dem Mikrocomputer als Auswertesignale zugeführt. Da nun dem Mikrocomputer zwei Signale zur Korrektur des Einsatzzeitpunktes der Schließzeit zur Verfügung stehen, ist eine verbesserte Regelung möglich.

In einer Weiterbildung der Erfindung werden die Absenkungen bzw. die Erhöhungen der die Schließzeiten bestimmenden Pegel entweder mit Hilfe von gesteuertem Spannungsteiler oder mit Hilfe gesteuerter Einströmer, die ihren Strom in einen Arbeitswiderstand treiben, durchgeführt.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erfolgt die Absenkung bzw. die Erhöhung der die Schließzeiten bestimmenden Pegel mit Hilfe eines durch Differentiation eines Spannungssprunges, welcher mit dem Erreichen des Stromschwellenwertes auftritt, erzeugten Hilfsimpulses.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der erfindungsgemäßen Schließzeitregelung wird die Stromanstiegszeit des Zündspulenstromes bis zum Erreichen der definierten Stromschwelle in jeder Periode, in der der Zündspulenstrom die Stromschwelle erreicht, im Mikrocomputer abgespeichert. Hierdurch kann gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine Zeitkorrektur aus der Zeitdifferenz zwischen der gespeicherten Stromanstiegszeit des Zündspulenstromes aus der Vorperiode und der aktuellen Stromanstiegszeit gebildet werden, falls die definierte Stromschwelle durch den Zündspulenstrom nicht erreicht wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1, 2 und 3 erfindungsgemäße Schließzeitregelungen,

Fig. 4a—f Diagramme zur Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Schließzeitregelungen nach den Fig. 1, 2, und 3 und

Fig. 5a—c Diagramme zur Wirkungsweise des Regelalgorithmusses der erfindungsgemäßen Schließzeitregelung nach Fig. 1.

In der Fig. 1 ist der prinzipielle Schaltungsaufbau der ausgelagerten Zündendstufe 1 und der Ansteuerstufe 3 dargestellt, wobei die Ansteuerstufe 3 einerseits über eine Steuerleitung 4 mit der Zündendstufe 1 verbunden ist und andererseits über zwei Leitungen 4a und 4b mit dem Mikrocomputer 2. Darüberhinaus weist die Zündendstufe 1 noch weitere Anschlüsse auf, nämlich den Anschluß zur Fahrzeugbatterie 5a und den Anschluß zur Fahrzeugmasse 5b.

Im Zusammenhang mit den Diagrammen der Fig. 4a—4d ergibt sich die folgende Wirkungsweise der Schließzeitregelung nach Fig. 1:

Wird der Transistor T1 der Ansteuerstufe 3, dessen Emitter auf Masse liegt, über seinen Basiswiderstand  $R_{B1}$ , der mit der vom Mikrocomputer 2 kommenden Leitung 4b verbunden ist, nichtleitend geschaltet, so liegt an dem mit dem Kollektor des Transistors T1 verbundenen nicht invertierenden Eingang des Komparators K1 die Spannung  $U_{STAB}$  über einen Widerstand  $R_3$  an.

Diese Spannung  $U_{STAB}$  stellt den Pegel  $U_{1,E}$  auf der Steuerleitung 4 dar, wie es in dem Diagramm der Fig. 4a gezeigt ist. Liegt der invertierende Eingang des Komparators K1 auf einem Triggerpotential mit dem Wert  $U_{TR}$ , der kleiner als  $U_{1,E}/2$  ist, so kann der Ansteuerstrom  $I$ , den die Batterie über den Batterieanschluß 5a über den Vorwiderstand  $R_V$  liefert, in die mit dem Ausgang des Komparators K1 verbundene Basis der Leistungsdarlingtonstufe  $T_D$  fließen. Da die Primärseite der Zündspule ZS einerseits mit der Batteriespannung  $U_{BATT}$  und andererseits mit der Emitter-Kollektor-Strecke des Endstufentransistors der Darlingtonstufe  $T_D$  und dem Stromfühlershunt  $R_s$  in Reihe geschaltet ist, beginnt der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  durch diese Bauelemente zu fließen, wodurch der Einsatzzeitpunkt  $t_1$  der Schließzeit bzw. Ladezeit definiert ist (vergleiche Fig. 4a und b). Der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  nimmt in bekannter Weise exponentiell mit der Zeit so lange zu, bis an dem Stromfühlershunt  $R_s$  eine Spannung abfällt, die der an dem nicht invertierenden Eingang des Komparators K2 anliegenden Referenzspannung  $U_{Ref}$  entspricht. Weil der invertierende Eingang des Komparators K2 an dem Verbindungspunkt der Darlingtonstufe  $T_D$  und des Stromfühlershunts  $R_s$  angeschlossen ist, beginnt der Komparator K2 einen Teil des Ansteuerstromes  $I$  nach dem Massepotential abzuleiten, da der Ausgang des Komparators K2 mit der Basis des Leistungsdarlington  $T_D$  verbunden ist. Hierdurch geht die Darlingtonstufe  $T_D$  aus dem Schalterbetrieb in den aktiven Betrieb über, wodurch der weitere Anstieg des Zündspulenstromes  $I_{PR}$  gestoppt und auf den Wert

$$I_{PR, max} = \frac{U_{Ref}}{R_s}$$

begrenzt wird (vergleiche Fig. 4b).

Wird der Transistor T1 über die Leitung 4b zum Zeitpunkt  $t_2$  vom Mikrocomputer 2 leitend geschaltet, so wird das Potential  $U_E$  am nichtinvertierenden Eingang des Komparators K1 auf einen Wert abgesenkt, der kleiner als die Triggerschwelle  $U_{TR}$  ist (Fig. 4a). Dies führt dazu, daß der Komparator K1 den Ansteuerstrom  $I$  vollständig nach Masse ableitet, wodurch der Leistungsdarlington  $T_D$  in den nichtleitenden Schaltzustand überführt wird. Hierdurch wird ein positiver Spannungsimpuls am Kollektor des Leistungsdarlington  $T_D$  auf der Primärseite der Zündspule erzeugt, der in einen Hochspannungsimpuls auf deren Sekundärseite übersetzt wird.

Der Zeitpunkt  $t_2$  stellt also den Zündzeitpunkt dar und die Zeitspanne  $(t_2 - t_1)$  die Lade- bzw. Schließzeit. Die Fig. 4a bzw. 4b stellen den zeitlichen Verlauf der Spannung am nichtinvertierenden Eingang des Komparators

$K_1$  bzw. den Verlauf des Zündspulenstromes  $I_{PR}$  dar, der durch die schon oben beschriebenen Schaltungsmittel auf den maximalen Zündspulenstrom  $I_{PR, max}$  begrenzt wird.

Die bisher beschriebene Schaltung ist aus dem Stand der Technik bekannt.

Im folgenden werden die Schaltungsmittel sowie deren Funktionen angegeben, die zu der erfindungsgemäßen, bidirektionalen Nutzung der Steuerleitung 4 führen. In der ausgelagerten Endstufe 1 sind dies gemäß der Fig. 1 die Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_4$  und der Kompressor  $K_3$  und in der Ansteuerstufe die Widerstände  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  und  $R_{B2}$ , der Transistor  $T_2$  und der Komparator  $K_4$ .

Der invertierende Eingang des Komparators  $K_3$  ist mit dem invertierenden Eingang des Komparators  $K_2$  verbunden, während der nichtinvertierende Eingang des Komparators  $K_3$  einerseits über den Widerstand  $R_1$  mit dem nichtinvertierenden Eingang des Komparators  $K_2$  verbunden ist und andererseits über den Widerstand  $R_2$  mit Masse verbunden ist. Diese Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ , die einen Spannungsteiler darstellen, werden so dimensioniert, daß der über den Widerstand  $R_4$  mit der Steuerleitung 4 verbundene Ausgang des Komparators  $K_3$  nach Masse gezogen wird, falls der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  den Schwellenwert

$$I_{PR, S1} = \frac{U_{Ref}}{R_S} \left( \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) = \frac{U_{S1}}{R_S}$$

erreicht. Hierbei liegt die Spannung  $U_{S1}$  am Widerstand  $R_2$  an.

Dann wird der aus den beiden Widerständen  $R_3$  und  $R_4$  gebildete Spannungsteiler wirksam und bewirkt eine definierte Absenkung des Pegels  $U_{1,E}$  auf den Wert  $U_{2,E}$  (Fig. 4c). Falls diese beiden Widerstände den gleichen Widerstandswert aufweisen, beträgt der auf der Steuerleitung 4 anliegende Pegel  $U_{2,E}$  den Wert  $U_{1,E}/2$ . Da aber dieser Pegelwert  $U_{2,E}$  größer als die Triggerschwellenspannung  $U_{TR}$  ist, bleibt der Leistungsdarlington  $T_D$  weiterhin leitend geschaltet bis der Transistor  $T_1$  leitend geschaltet wird. Hierdurch ergibt sich der auf der Steuerleitung 4 anliegende zeitliche Spannungsverlauf  $U_E$  gemäß des Diagrammes der Fig. 4c.

Der Komparator  $K_4$  der Ansteuerstufe 3, dessen nicht invertierender Eingang einerseits über einen Widerstand  $R_5$  mit der Spannungsquelle  $U_{STAB}$  verbunden ist und andererseits über den Widerstand  $R_6$  mit Masse verbunden ist, hat die Aufgabe, aus dem Signal  $U_E$  gemäß des Diagrammes nach Fig. 4c eine für den Mikrocomputer geeignete Schaltinformation bereitzustellen. Der invertierende Eingang des Komparators  $K_4$  liegt direkt an der Steuerleitung 4, wodurch sich bei geeigneter Dimensionierung des aus den Widerständen  $R_5$  und  $R_6$  bestehenden Spannungsteilers — beispielsweise wenn am nichtinvertierenden Eingang des Komparators  $K_4$  der Spannungspegel  $U_{S3}$  mit einem Wert von  $0,75 U_{1,E}$  eingestellt wird (siehe Fig. 4c) — unter Zuhilfenahme des Transistors  $T_2$  und dessen Basiswiderstandes  $R_{B2}$  ein Signalverlauf  $U_A$  am Ausgang des Komparators  $K_4$  gemäß des Diagrammes nach Fig. 4d ergibt. Hierbei erhöht sich der Spannungspegel  $U_A$  am Ausgang des Komparators  $K_4$  von 0 V auf 5 V, wenn der Spannungspegel am invertierenden Eingang des Komparators  $K_4$  die Spannungsschwelle  $U_{S3}$  unterschreitet (vergleiche Fig. 4c). Im Zündzeitpunkt  $t_z$  wird mit dem Transistor  $T_1$  auch der Transistor  $T_2$  vom gesperrten in den leitenden Zustand überführt, wodurch der Ausgang des Komparators  $K_4$  auf Masse gezogen wird, das heißt, der Spannungspegel von 5 V wird auf der Leitung 4a wieder auf 0 V abgesenkt.

Der Widerstand  $R_7$ , der den Ausgang des Komparators  $K_4$  mit der 5 V-Spannungsquelle verbindet, nimmt eine Pegelanpassung von  $U_{STAB}$  auf 5 V auf der Leitung 4a vor, falls dies die zulässigen Eingangspegel am Mikrocomputer 2 erfordern.

Der Ausgang des Komparators  $K_4$  ist außerdem mit dem Kollektor des Transistors  $T_2$  verbunden, während der Emitter dieses Transistors auf Masse liegt. Weiterhin ist der Basiswiderstand  $R_{B1}$  des Transistors  $T_1$  mit dem Basiswiderstand  $R_{B2}$  des Transistors  $T_2$  verbunden.

Das am Eingang, also auf der Leitung 4a, zum Mikrocomputer 2 stehende Signal gemäß Fig. 4d muß nun von diesem ausgewertet werden, damit er dann mit Hilfe eines Regelalgorithmus Korrekturwerte für den Ladezeitbeginn berechnen kann.

Im folgenden soll beispielhaft eine Auswertemöglichkeit eines Signals gemäß der Fig. 4d mit Hilfe der Diagramme der Fig. 5a bis 5e beschrieben werden. Das Diagramm nach Fig. 5a zeigt einen beispielhaften Spannungsverlauf, aus dem der Mikrocomputer 2 über die Periodendauer  $T$  die Drehzahl bestimmt. Aufgrund weiterer aktueller Meßdaten bestimmt der Mikrocomputer dann den  $I_{PR}$ -Stromladebeginn  $t_s$  sowie den Zündzeitpunkt  $t_z$ .

Hierbei dient dem Mikrocomputer 2 die High-Low-Flanke des Spannungssignals als Bezugsmarke, die immer dann auftritt, wenn der mechanische Stand der Kurbelwelle des Motors einen definierten Punkt erreicht hat. Das Diagramm der Fig. 5b zeigt hierzu einen möglichen Verlauf des Zündspulenstromes  $I_{PR}$ , wobei mit  $t_s$  der Einsatzzeitpunkt der Schließzeit und mit  $I_{PR, S1}$  der oben definierte Stromschwellenwert gekennzeichnet ist. Die Fig. 5c stellt den Spannungsverlauf  $U_A$  auf der Eingangsleitung 4a zum Mikrocomputer 2 gemäß Fig. 1 dar. Die Zeitdauer  $t_{DS}$  ist die Sollzeit zwischen dem Erreichen des Stromschwellenwertes  $I_{PR, S1}$  und dem Zündzeitpunkt  $t_z$ , die beispielsweise in einem Kennlinienfeld in Abhängigkeit der Batteriespannung  $U_{Bat}$  und der Drehzahl im Mikrocomputer abgelegt ist. Die Zeitdauer  $t_{DF}$  ist die der Sollzeit  $t_{DS}$  zugeordnete Ist-Zeit, also gleich der Dauer des High-Pegels des Spannungssignals  $U_A$  gemäß Fig. 5c. Da dem Mikrocomputer 2 der Zündzeitpunkt  $t_z$  bekannt ist, wird von dem Signal gemäß der Fig. 5c nur die Low-High-Flanke zur Auswertung herangezogen.

Zunächst werden die aktuellen Werte der Batteriespannung und der Motordrehzahl erfaßt und aus dem entsprechenden Kennfeld der zugeordnete  $t_{DS}$ -Wert ermittelt und mit dem aus dem Signalverlauf  $U_A$  berechneten aktuellen  $t_{DF}$ -Wert verglichen. Falls der  $t_{DS}$ -Wert größer ist als der  $t_{DF}$ -Wert, wenn also der Einsatzzeitpunkt der Schließzeit zu spät erfolgt, wie dies in der zweiten Periode des  $I_{PR}$ -t-Diagrammes der Fig. 5b dargestellt ist, ergibt sich folgender Korrekturzeitwert  $t_1$  ( $K_1$ : Konstante):

$$t_1 = (t_{DS} - t_{DI}) \cdot K_1 > 0.$$

Für die nachfolgende Periode ergibt sich hiermit ein korrigierter Einsatzpunkt  $t_{s, neu}$ :

$$t_{s, neu} = t_{s, alt} - t_1.$$

Falls jedoch der Beginn der Schließzeit zu früh erfolgt, das heißt wenn der  $t_{DS}$ -Wert kleiner als der  $t_{DI}$ -Wert ist, ergibt sich folgender Korrekturzeitwert  $t_2$ :

$$t_2 = (t_{DS} - t_{DI}) \cdot K_2 < 0$$

( $K_2$ : Konstante) und daraus ergibt sich der neue Einsatzzeitpunkt  $t_{s, neu}$ :

$$t_{s, neu} = t_{s, alt} - t_2.$$

Nun kann auch der Fall eintreten, daß der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  nicht die Stromschwelle  $I_{PR, S1}$  erreicht. Dann bleibt aber auch das Ausgangsspannungssignal  $U_A$  auf dem Low-Pegel, was die Unbestimmtheit der Zeitdauer  $t_{DI}$  zur Folge hat. Der  $t_s$ -Zeitpunkt könnte für die folgende Periode in diesem Fall weiter als notwendig vorverlegt werden. Dies ist aber mit einer Erhöhung der Verlustleistung im Endstufentransistor  $T_D$  verbunden, insbesondere für solche Zündspulenströme  $I_{PR}$ , deren Endwerte sich knapp unterhalb des Stromschwellenwertes  $I_{PR, S1}$  befinden.

Eine qualitative Verbesserung ist in diesem Fall möglich, wenn die Zeitdauer  $t_{s, alt}$  zwischen dem Einsatzzeitpunkt der Schließzeit  $t_s$  und dem Zeitpunkt  $t_{SR}$  gemäß Fig. 5b, bei dem der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  die Stromschwelle  $I_{PR, S1}$  erreicht, aus den Vorperioden miterfaßt und im Mikrocomputer 2 abgespeichert wird. Eine Korrekturzeit kann damit abhängig gemacht werden vom Betrag der Abweichung

$$I_{PR} - I_{PR, S1}.$$

Die Korrekturzeit  $t_3$  ergibt sich somit zu

$$t_3 = (t_{s, alt} - (t_s - t_{SR})_{neu} + t_{DS, neu}) \cdot K_3 > 0$$

mit

$$t_{s, alt} = (t_{SR} - t_s)_{alt}$$

( $K_3$ : Konstante). Damit ergibt sich für den Einsatzzeitpunkt der Schließzeit der nächsten Periode:

$$t_{s, neu} = t_{s, alt} - t_3.$$

Wie bereits weiter oben erwähnt, kommt es bei dem beschriebenen Auswertalgorithmus nur auf die Low-High-Flanke des Signals der Fig. 5c an. Dementsprechend reicht ein durch Differentiation der H/L-Flanke des Spannungsverlaufes  $U_{K3}$  gemäß Fig. 4e abgeleitetes Signal aus, um einen Spannungsverlauf  $U_E$  gemäß Fig. 5d zu erreichen. Hiervon leitet sich dann am Ausgang der Ansteuerstufe 3 ein Signal  $U_A$  gemäß der Fig. 5e ab, das auf der Verbindungsleitung 4a zum Mikrocomputer 2 zur Auswertung ansteht.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform der Schließzeitregelung zeigt die Fig. 2. Hierbei stellt die Ausgangsstufe des Mikrocomputers 2 einen sogenannten Einströmerausgang bereit, der über den Schalter  $S_1$  der Ansteuerstufe 3 geschaltet wird. Dieser Schalter  $S_1$  verbindet die Spannungsquelle mit der Spannung  $U_{STAB}$  mit dem nichtinvertierenden Eingang des Komparators  $K_4$ , der außerdem auch mit der Steuerleitung 4 verbunden ist. Ist der Schalter  $S_1$  geschlossen, so fließt der Strom  $I_1$  von der Batterie in den Widerstand  $R_E$ , der über Masse mit dem nichtinvertierenden Eingang des Komparators  $K_1$  verbunden ist. Demnach liegt an diesem Eingang des Komparators  $K_1$  die Spannung:

$$U_{1, E} = I_1 \cdot R_E$$

Falls das Triggersignal  $U_{TR}$  am invertierenden Eingang des Komparators  $K_1$  kleiner als der Spannungsabfall  $U_{1, E}$  am Widerstand  $R_E$  ist, beginnt der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  exponentiell anzusteigen bis er den Wert  $I_{PR, S1}$  erreicht (siehe Fig. 4b). Dann wird der Ausgang des Komparators  $K_3$  welcher über einen Widerstand  $R_{10}$  mit der Batteriespannung  $U_{Batt}$  verbunden ist, auf Massepotential gezogen. Der entsprechende Spannungsverlauf zeigt die Fig. 4e. Der Schalter  $S_2$ , der mit dem nichtinvertierenden Eingang des Komparators  $K_1$  verbunden ist, wird in Abhängigkeit von dem am Ausgang des Komparators  $K_3$  anstehenden Potential  $U_{K3}$  so angesteuert, daß dieser Schalter immer nur dann geschlossen ist, wenn der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  größer als die Stromschwelle  $I_{PR, S1}$  ist. Für diesen Fall ergibt sich ein Spannungssignal  $U_E$  gemäß der Fig. 4f mit den Spannungsebenen:

$$U_{1, E} = I_1 \cdot R_E$$

und

$$U_{2,E} = (I_1 + I_2) \cdot R_E$$

Der Unterschied zwischen dieser erfindungsgemäßen Schaltung und der Schaltung nach Fig. 1 besteht darin, daß in der ausgelagerten Endstufe 1 der Widerstand  $R_4$  nach Fig. 1 nun als Widerstand  $R_E$  auf Masse gelegt ist und zusätzlich der Schalter  $S_2$  und der Widerstand  $R_{10}$  angeordnet ist. Die Ansteuerstufe 3 weist gegenüber derjenigen nach Fig. 1 nur noch den Widerstand  $R_7$  und den Komparator  $K_4$  auf, wobei der invertierende Eingang des Komparators  $K_4$  mit einer Vergleichsspannung  $U_{S4}$ , die über einen Spannungsteiler an  $U_{STAB}$  realisiert sein kann, beaufschlagt ist und der mit der Steuerleitung 4 verbundene nichtinvertierende Eingang über den Schalter  $S_1$  und den Einstromer  $I_1$  an der Spannung  $U_{STAB}$  anliegt.

Für die Aufbereitung eines Signals gemäß Fig. 4f durch den Mikrocomputer 2 gilt entsprechend das für die Schaltung nach Fig. 1 beschriebene, das heißt, es ergibt sich ein auf der Leitung 4a zum Mikrocomputer 2 anliegendes Signal gemäß der Fig. 4d.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeigt die Schaltung nach Fig. 3, wonach zwei Stromschwellenwerte  $I_{PR,S1}$  und  $I_{PR,S2}$  abgefragt werden. Hierbei ist in der Schaltung der ausgelagerten Endstufe 1 der Widerstand  $R_2$  gemäß der Fig. 1 in einen aus den Widerständen  $R_{21}$  und  $R_{22}$  bestehenden Spannungsteiler aufgeteilt, sowie ein weiterer Widerstand  $R_{11}$  und ein weiterer Komparator  $K_5$  hinzugefügt worden. Der nichtinvertierende Eingang des Komparators  $K_3$  liegt über dem Widerstand  $R_{22}$  an Masse, während der invertierende Eingang dieses Komparators über den Widerstand  $R_{11}$  sowohl mit dem Stromfühlershunt  $R_5$  als auch mit dem invertierenden Eingang des Komparators  $K_5$  verbunden ist. Der nichtinvertierende Eingang des Komparators  $K_5$  ist über die Widerstände  $R_{21}$  und  $R_{22}$  mit Masse verbunden, während der Ausgang dieses Komparators mit dem invertierenden Eingang des Komparators  $K_3$  in Verbindung steht. Die Schaltung der Ansteuerstufe 3 stimmt mit derjenigen nach Fig. 1 überein.

Die Stromschwelle  $I_{PR,S1}$  wird durch den Komparator  $K_5$ , während die zusätzliche Stromschwelle  $I_{PR,S2}$ , die kleiner als die Stromschwelle  $I_{PR,S1}$  ist, durch den Komparator  $K_3$  abgefragt wird; vergleiche hierzu Fig. 4b.

Erreicht der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  die erste Stromschwelle  $I_{PR,S2}$ , so wird der Ausgang des Komparators  $K_3$  nach Massepotential gezogen, wodurch der aus den Widerständen  $R_3$  und  $R_4$  gebildete Spannungsteiler wirksam wird, wie schon weiter oben beschrieben wurde. Dadurch wird der Pegel  $U_{1,E}$  auf den Wert  $U_{2,E}$  abgesenkt, wie in Fig. 4g gezeigt ist. Wenn nun der Zündspulenstrom  $I_{PR}$  auch die zweite Stromschwelle  $I_{PR,S1}$  erreicht, wird der Ausgang des Komparators  $K_5$ , bzw. der invertierende Eingang des Komparators  $K_3$  nach Massepotential gezogen, wodurch der Ausgang des Komparators  $K_3$  nicht mehr auf Masse liegt. Dies hat zur Folge, daß der Spannungspegel  $U_{2,E}$  auf der Steuerleitung 4 gemäß Fig. 4g wieder auf den Pegel  $U_{1,E}$  zurückgeht. Am Ausgang des Komparators  $K_4$  der Ansteuerstufe 3 steht ein Spannungsverlauf  $U_A$  gemäß der Abb. 4h an. Bei diesem Signal beschreibt die positive Flanke  $F1$  das Erreichen der  $I_{PR,S2}$ -Schwelle und die negative Flanke  $F2$  das Erreichen der  $I_{PR,S1}$ -Schwelle.

Diese beiden Flanken können nun im Mikrocomputer 2 für die Berechnung eines verbesserten Korrekturwertes für den Einsatzeitpunkt der Schließzeit verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Schließzeitregelung für Brennkraftmaschinen mit einer den Zündspulenstrom schaltenden Zündendstufe (1) und einem Mikrocomputer (2) mit seiner Ansteuerstufe (3), wobei auf der die Zündendstufe (1) und die Ansteuerstufe (3) verbindenden Steuerleitung (4), die den Stromfluß in der Primärwicklung der Zündspule bestimmenden Pegel anliegen, dadurch gekennzeichnet, daß diese Steuerleitung (4) als einzige Verbindung zwischen der Zündendstufe (1) und der Ansteuerstufe (3) bidirektional, im Sinne eines Regelkreises, genutzt wird.

2. Schließzeitregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das auf der Steuerleitung (4) von der Zündendstufe (1) zur Ansteuerstufe (3) gelangende Signal mit Hilfe des Mikrocomputers (2) zur Bestimmung des Einsatzeitpunktes ( $t_s$ ) für die Schließzeit verwendet wird.

3. Schließzeitregelung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schwellenwert derart definiert wird, daß bei einer Überschreitung dieses Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom eine definierte Absenkung des auf der Steuerleitung (4) stehenden, die Schließzeit bestimmenden Pegels erfolgt, und daß die durch diese Absenkung definierte Flanke als Auswertesignal dem Mikrocomputer (2) zur Verfügung steht.

4. Schließzeitregelung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schwellenwert derart definiert wird, daß bei einer Überschreitung dieses Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom eine definierte Erhöhung des auf der Steuerleitung (4) stehenden, die Schließzeit bestimmenden Pegels erfolgt, und daß die durch diese Erhöhung definierte Flanke als Auswertesignal dem Mikrocomputer (2) zur Verfügung steht.

5. Schließzeitregelung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster und ein zweiter Schwellenwert derart definiert wird, daß der zweite Schwellenwert höher liegt als der erste, und daß zunächst bei einer Überschreitung des ersten Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom eine definierte Absenkung des auf der Steuerleitung (4) stehenden, die Schließzeit bestimmenden Pegels erfolgt, und daß bei Überschreitung des zweiten Schwellenwertes durch den Zündspulenstrom diese Absenkung des Pegels wieder rückgängig gemacht wird, und daß die durch diese Absenkung bzw. Erhöhung des Pegels definierte Flanken als Auswertesignale dem Mikrocomputer (2) zur Verfügung stehen.

6. Schließzeitregelung nach einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung bzw. Erhöhung des die Schließzeit bestimmenden Pegels mit Hilfe eines gesteuerten Spannungsteilers erfolgt.

7. Schließzeitregelung nach einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung bzw. Erhöhung des die Schließzeit bestimmenden Pegels mit Hilfe gesteuerter Einstromer, die ihren Strom in

einen Arbeitswiderstand treiben, erfolgt

8. Schließzeitregelung nach einem der Ansprüche 3—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung bzw. Erhöhung des die Schließzeit bestimmenden Pegels mit Hilfe eines durch Differentiation eines Spannungssprunges, welcher mit dem Erreichen des Stromschwellenwertes auftritt, erzeugten Hilfsimpulses erfolgt.

9. Schließzeitregelung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromanstiegszeit des Zündspulenstromes bis zum Erreichen der definierten Stromschwelle in jeder Periode, in der der Strom die Stromschwelle erreicht, abgespeichert wird.

10. Schließzeitregelung nach Anspruch 3 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß beim Nichterreichen der Stromschwelle durch den Zündspulenstrom die Zeitkorrektur aus der Zeitdifferenz zwischen der im Anspruch 9 definierten Stromanstiegszeit der Vorperiode und der aktuellen Stromanstiegszeit gebildet wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

38 00332

1/5

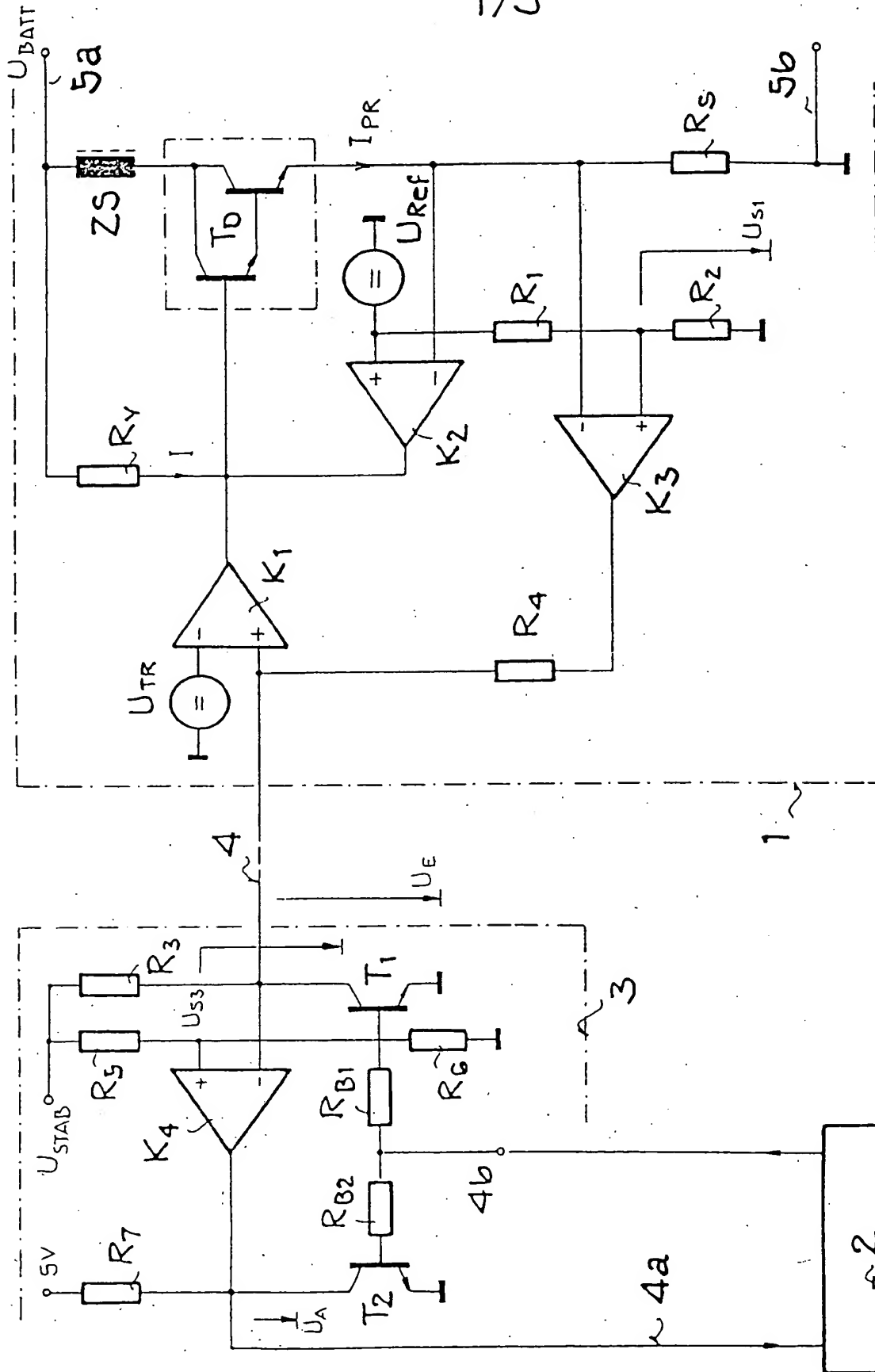


Fig. : 21

FIG. 1



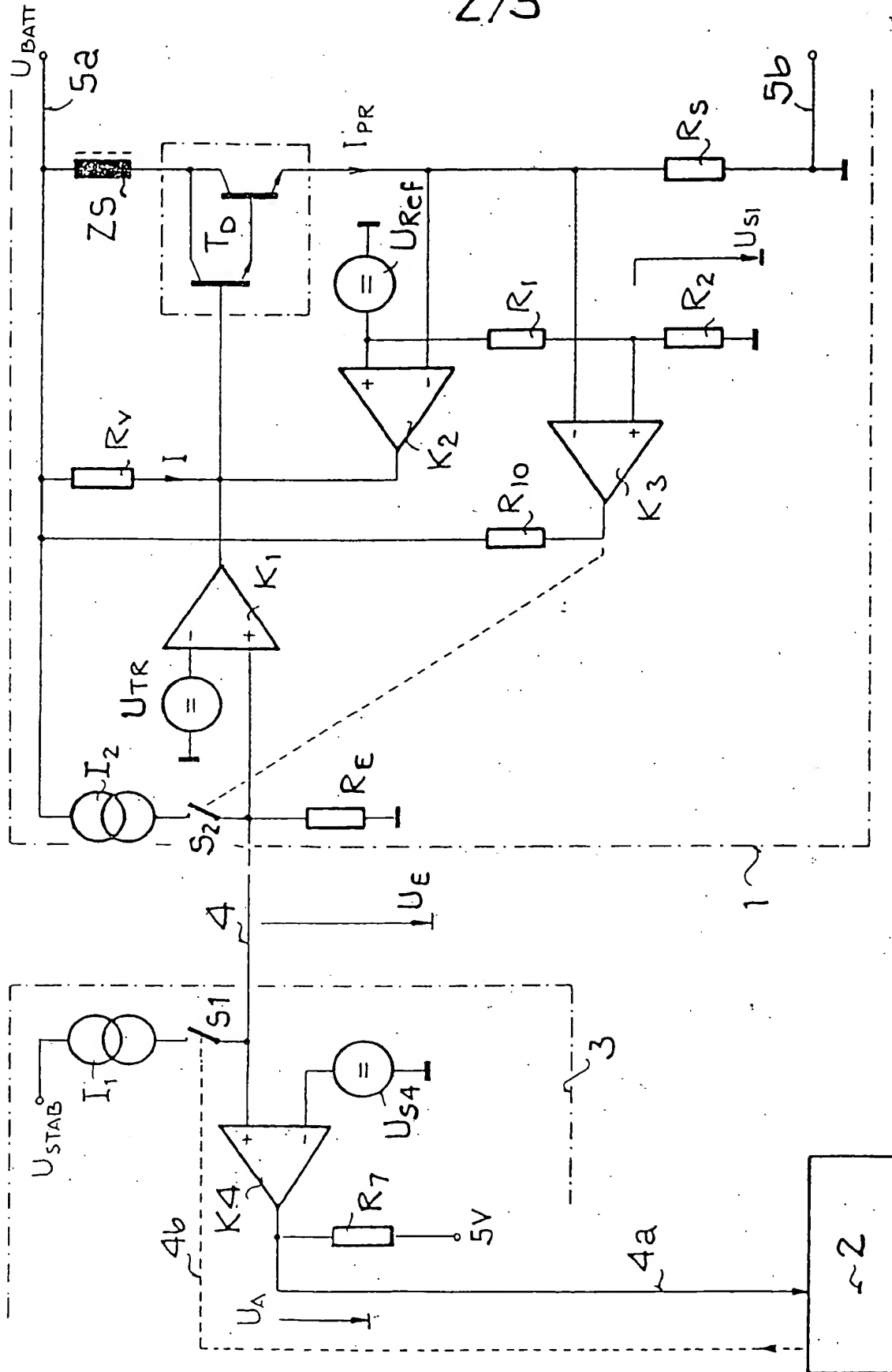


FIG. 2

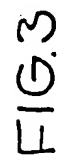
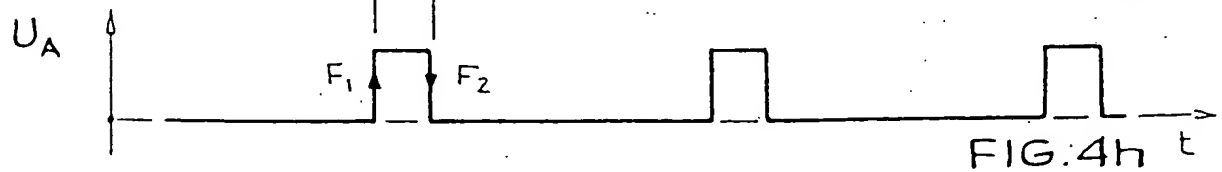
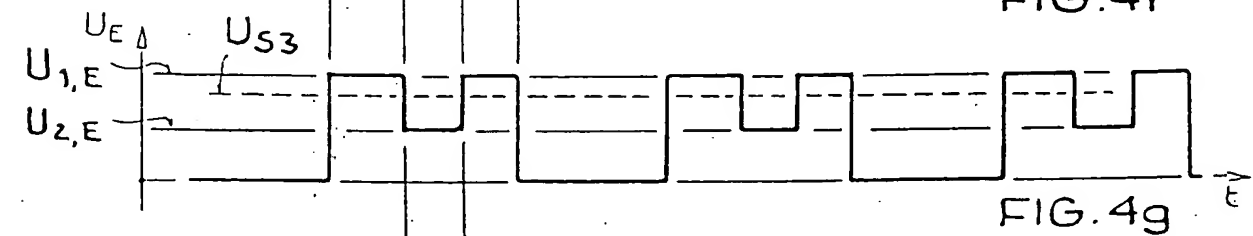
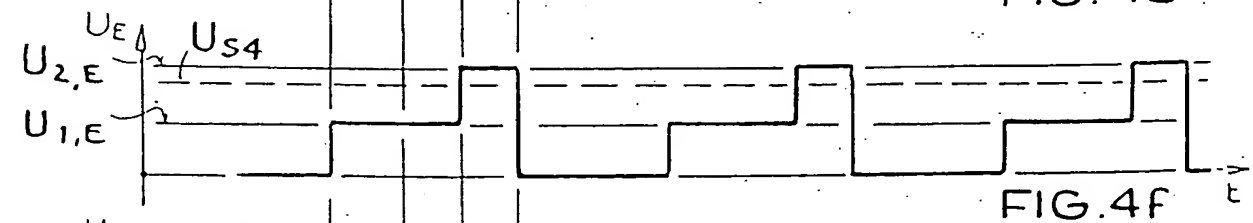
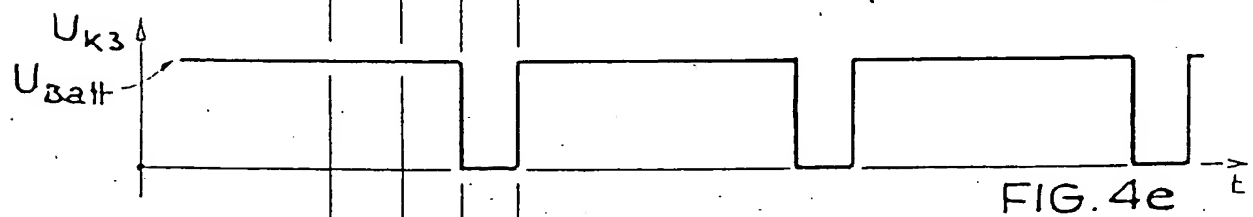
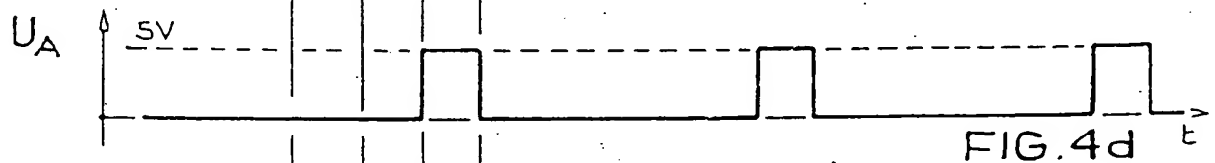
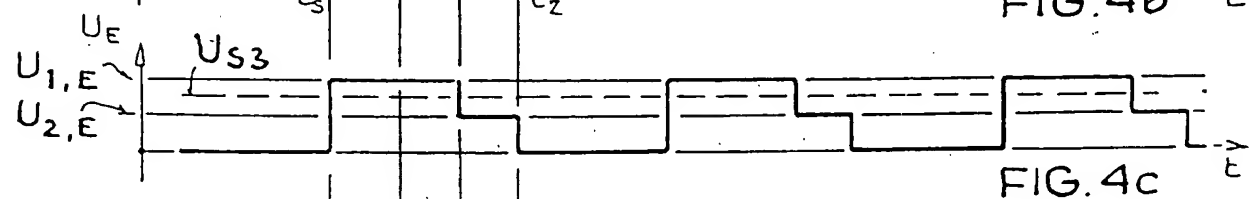
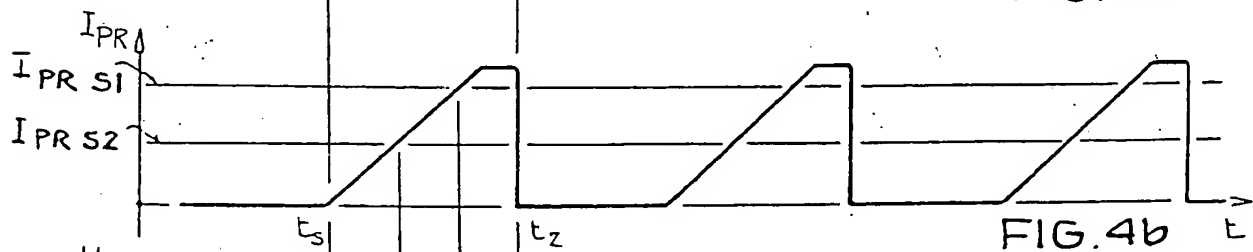
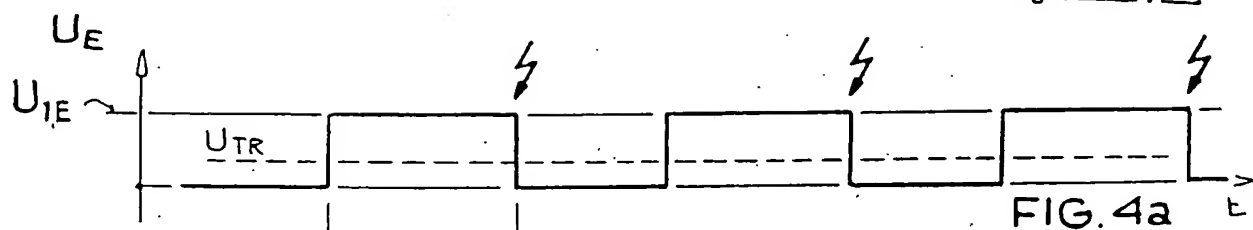


FIG. 3

4/5

3800932

Fig.: L24: L1 24



5/5

3800932

25\*

Fig. : 25: 11

